

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ АЛЮМИНИЕВЫХ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ

*А.И. Шакирова, аспирант кафедры бурения УГНТУ*  
*Уфимский государственный нефтяной технический университет*  
*450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1, тел. (937)-160-58-58*  
*E-mail: [Shakirova\\_ali@mail.ru](mailto:Shakirova_ali@mail.ru)*

**Аннотация:** В ракурсе бурения трудноизвлекаемых полезных ископаемых в арктической зоне важнейшей задачей является использование специальных алюминиевых сплавов для изготовления легкосплавных бурильных труб повышенной надёжности (ЛБТПН) и их применения в суровых климатических и специфических горно-геологических условиях является перспективным направлением. Предложены методы промышленного получения субмикроструктурной (СМК) структуры в алюминиевых сплавах. На примере модельного алюминиевого сплава 1421 показано, что СМК структура приводит к существенному повышению износостойкости материала применительно как в обсадной колонне, так и в открытом стволе скважины. Высказана возможность применения методов интенсивной пластической деформации для разработки перспективных технологий для изготовления ЛБТПН, с повышенными механическими свойствами и способных работать в условиях Арктики.

**Abstract:** In the drilling perspective of hard-to-recover minerals in the arctic zone the most important problem is the use of special aluminum alloys for the manufacture of light alloy increased reliability drill pipes (LAIDP) and their applications in severe climatic and specific geological conditions are a perspective direction. The industrial production methods of submicrocrystalline (SMC) structure in aluminum alloys are proposed. The example of the model aluminum alloy 1421 is showed that SMC structure leads to substantial increase wear-resisting property both in the open and casing well hole. The possibility of the severe plastic deformation methods is suggested for the advanced technologies development to manufacture LAIDP with improved mechanical properties and capable of operating in the Arctic.

На сегодняшний день остро стоит проблема освоения Арктики и вместе с тем использования соответствующей техники и технологии в процессе поиска и извлечения запасов трудноизвлекаемых углеводородов. Поэтому для освоения нефтегазовых месторождений шельфа арктических морей России требует применения не только специальных технологий и технических средств, но и разработки специальных материалов, способных работать в суровых горно-геологических и природно-климатических условиях: низких (до 223 К) температурах, сильных ветрах (скорости до 40 м/с), значительных волнах (до 10 м), приливных колебаниях уровня воды (более 1,5 м), наличии крупных ледяных образований (поля и айсберги). В верхней части геологического разреза шельфа арктических районов толща многолетнемерзлых пород (ММП) может достигать 100 м, а на суше - 500 м и более. В состав ММП могут входить прочные и слабые породы.

Как показывает практический опыт, бурение подобных скважин без использования легкосплавных бурильных труб повышенной надёжности (ЛБТПН) изготовленных из специальных алюминиевых сплавов невозможно [1-4].

Следует отметить, что в согласии с современными представлениями применяемые материалы можно условно разделить на три класса: ультрамелкозернистые (УМЗ), с размером зерен 1-10 мкм; субмикроструктурные (СМК), с размером зерен 0,1-1 мкм и нанокристаллические (НК), с размером зёрен менее 100 нм. Поскольку физико-механические свойства УМЗ, СМК и НК материалов заметно различаются, такое разделение считается обоснованным. Так уменьшение размера зёрен до нанокристаллических величин в композитных и механически легированных сплавах приводит к явлению высокоскоростной сверхпластичности [5-8].

В данной работе на примере модельного алюминиевого сплава 1421 продемонстрированы результаты исследования структуры материала до и после равноканально углового прессования (РКУ) с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ). На основании полученного материала методами интенсивной пластической деформации были проведены лабораторные испытания на износ на машинах трения, которые позволяют моделировать процесс трения бурильных труб, изготовленных из легкого сплава, обеспечивая физическое подобие процесса трения пары «бурильная труба – обсадная колонна» в среде буровых промывочных жидкостей. Проанализировано влияния применяемых в бурении растворов с полимерными добавками на показатели триботехнических свойств различных буровых промывочных жидкостей (БПЖ) применительно к паре трения «металл – металл».

На рисунке 1 представлены результаты исследования структуры сплава 1421. Металлографические исследования показали, что исходная микроструктура деформированного прутка алюминиевого

сплава 1420 характеризуется сильной неоднородностью. Структура состоит из крупных, вытянутых вдоль направления прессования, зерен, в приграничных областях которых расположены скопления мелких рекристаллизованных зерен (вторая фаза). Средний размер мелких зерен приблизительно составляет 5 мкм. Размер крупных вытянутых зерен составляет 168 мкм в продольном и 19 мкм в поперечном направлениях (рис.1 – а). После РКУ прессования при температуре 325°C до истинной степени деформации (~8) формируется почти полностью рекристаллизованная структура т.е. вторая фаза растворяется в зерне и мы не видим скопление рекристаллизованных зерен на границах. Большинство границ зерен показывают четкие контуры, что позволяет говорить о формировании равновесной рекристаллизованной структуры. Средняя плотность дислокаций в теле зерен невелика (приблизительно  $6 \times 10^4$  в 14 степени). Кристаллиты окружены зернами как с мало угловыми границами ( $3-15^\circ$ ), так и с большими угловыми границами ( $>15^\circ$ ) (рис.1 – б).

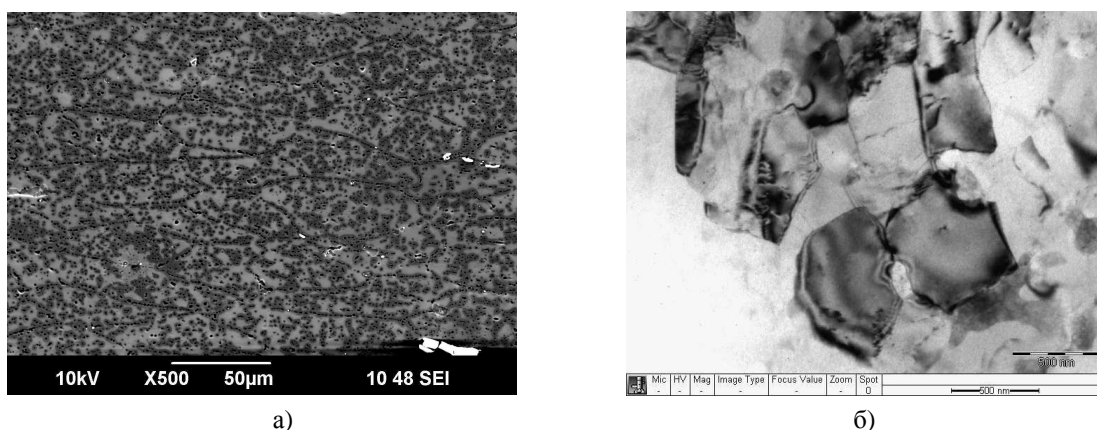


Рис. 1. Структура сплава 1421: а) макроструктура исходного образца; б) микроструктура сплава после ИПД методом РКУ

Результаты о влиянии СМК структуры на износ показали триботехнические испытания. Для проведения лабораторных экспериментальных исследований выбран тестер смазочных свойств фирмы «FANN» модели 212 и машина трения УМТ-2168, предназначенные для измерения коэффициента трения и оценки скорости изнашивания пары трения «металл-металл» в определенных промывочных жидкостях [9].

В ходе исследований на установках тестер смазочных свойств фирмы «FANN» модели 212 и машине трения УМТ 2168 были получены значения коэффициента трения ( $\phi$ ) и скорости изнашивания ( $a$ , мм/ч) «сплав 1420 (до и после обработки) – сталь 45» в промывочных жидкостях, соответствующих реальным условиям бурения. Средой для проведения опытов являлся полимерный глинистый раствор (ПГР) (Вода + 4% Бентонит + 0,2% ЧГПАА + 0,3% ПАМ + 0,1% NaOH) и БПЖ – техническая вода [10-12].

Полученные результаты лабораторных исследований продемонстрированы на диаграмме зависимости скорости изнашивания и коэффициента трения «сплав 1420- сталь 45» в среде полимерглинистого раствора (рисунок 2-3). Видно, что при использовании методов обработки равноканального углового прессования и с учетом полимерных добавок, значения коэффициента трения и скорости изнашивания уменьшаются.

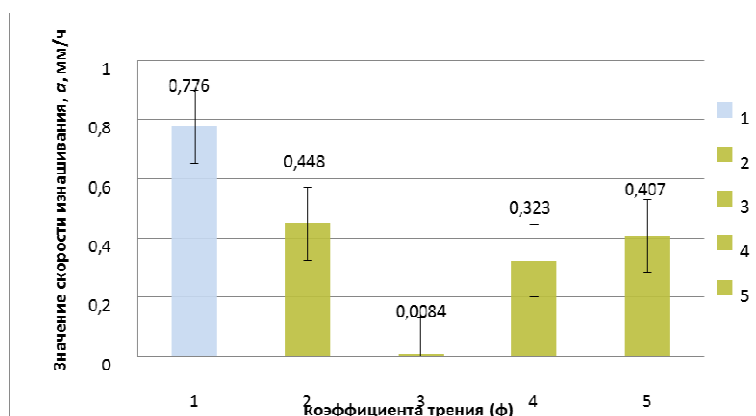


Рис.2. Диаграмма зависимости коэффициента трения от значения скорости изнашивания сплав 1420 – сталь 45 в среде – БПЖ – техническая вода (доверительные интервалы определены при доверительной вероятности 80%).

1- исходный образец сплав 1420 – сталь 45 на УМТ-2168; 2- после РКУ сплав - сталь на УМТ-2168; 3- сталь 40Х – сталь 45 на FANN тестере; 4- исходный образец сплав 1420 – сталь 45 на FANN тестере 5- после РКУ сплав - сталь на FANN тестере.

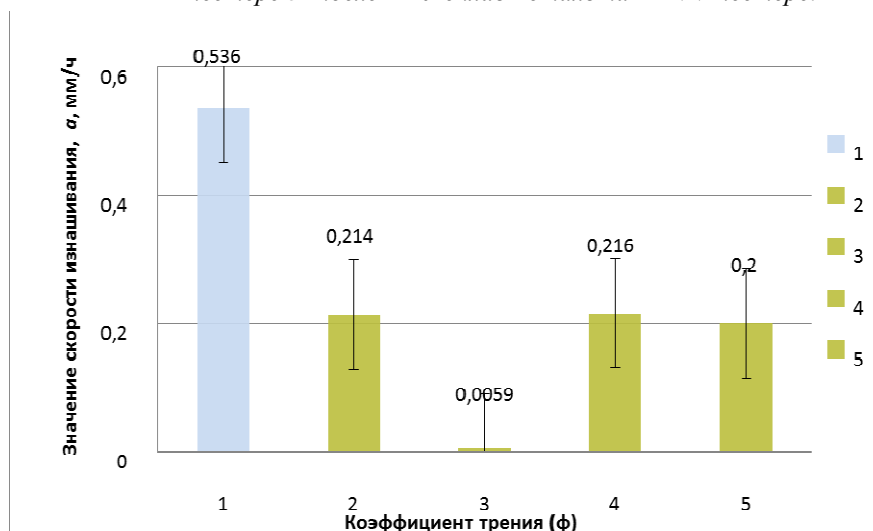


Рисунок 3. Диаграмма зависимости коэффициента трения от значения скорости изнашивания сплав 1420 – сталь 45 в среде – ПГР (доверительные интервалы определены при доверительной вероятности 80%).

1- исходный образец сплав 1420 – сталь 45 на УМТ-2168; 2- после РКУ сплав - сталь на УМТ-2168; 3- сталь 40Х – сталь 45 на FANN тестере; 4- исходный образец сплав 1420 – сталь 45 на FANN тестере 5- после РКУ сплав - сталь на FANN тестере.

### Выводы.

Полученные данные показали, что, применяя метод интенсивной пластической деформации (РКУ прессование), можно не только существенно измельчать структуру материалов, но и получать различное состояние границ зёрен. Триботехнические испытания на машине трения, моделирующее процесс бурения в системе «металл – металл» показали существенное положительное влияние на износостойкость измельчения структуры. Важно отметить, что устойчивость к процессам износа заметно зависит и от состояния границ зёрен. Из рисунков 2 и 3 видно, что износ сплава непосредственно после интенсивной пластической деформации имеет наименьшее значение, что обусловлено высокими внутренними напряжениями, неравновесным состоянием границ зёрен и размером зёрен. В силу испытания образцов в среде с полимерными добавками (рисунок 3), можно наблюдать, что износ становится еще меньше, чем в среде – техническая вода. Многими исследователями подтверждено, что твёрдость, предел прочности, жаропрочность, микроструктура и коррозионная стойкость

являются определяющими факторами в отношении износа [13-14]. Таким образом, с помощью метода интенсивной пластической деформации возможно решение множества задач по реализации технологии изготовления легкосплавных бурильных труб с улучшенными характеристиками механических и антикоррозионных свойств, способных работать в условиях сложно-геологических и климатических условиях.

#### Литература.

1. Файн Г.М. Нефтяные трубы из легких сплавов. Недра, 1990. 224 с
2. Басович В.С., Гельфгат М.Я., Файн Г.М. Состояние и перспективы применения изделий из алюминиевых сплавов в нефтегазодобывающей отрасли // Бурение и нефть. 2003. №4.
3. Гельфгат М.Я., Басович Д.В., Буяновский И.Н., Вахрушев А.В. Алюминий вуместо стали: исключение баклинга при горизонтальном бурении.- Нефть и газ.- 06, 2007, с.42-48.
4. Шаммазов А.М., Ценев Н.К., Акчурин Х.И., Назарова М.Н., Исмаков Р.А., Лебедич С.П., Суханов В.Д., Чуудинов Б.А., Криштал М.М. Сверхмелкозернистые материалы и перспективы их использования в горном деле и трубопроводном транспорте// Горный вестник.-2000.-С.33-36.
5. Р.З. Валиев, О.А. Кайбышев, Р.И. Кузнецов, Р.Ш. Мусалимов, Н.К. Ценев. Низкотемпературная сверхпластичность металлических материалов. - ДАН СССР, 1988, т.301, № 4, с. 864-866.
6. R.Z. Valiev, N.K. Tsenev. Structure and superplasticity of Al-based submicron-grained alloys.- Hot deformation of aluminium alloys. Proceedings of a symposium by the non-ferrous Metals Committee of the Minerals, Metals and Materials Society, Detroit, Michigan, October 8-10, 1990, p. 319-329.
7. N.K. Tsenev. Grain Boundaries Structure and Mechanical properties of Aluminium Alloys.- Materials Science Forum, vol. 207-209, 1996, Intergranular and Interphase Boundaries in Materials.
8. R.Z. Valiev, D.A. Salimonenko, N.K. Tsenev, P.B. Berbon, T.G. Langdon. Observations of High Strain Rate Superplasticity in Commercial Aluminum Alloys with Ultrafine Grain Sizes.- Scripta Materialia. v. 37, 1997, p.1945-1950.
9. Шакирова А.И., Исмаков Р.А., Аглиуллин А.Х. Комплексное изучение материалов алюминиевых бурильных труб// Томск: Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг ресурсов. – 2017. – Т.328. №2. – С. 95-103.
10. Конесев Г.В., Мулюков Р.А., Асфандиаров Л.Х., Иванов Г.Е., Гильмутдинов А.В., Калимуллин А.А., Акчурин Х.И., Истомин Н.Н., Лиштаков А.И., Галяутдинов А.А., Шерешовец В.В., Докичев В.А., Юнусов М.С., Султанов Р.М. Состав для защиты металлов от коррозии в минерализованных сероводородсодержащих водных средах// Патент на изобретение № 2176257 от 01.06.99, 7С 23F 11/10 В.
11. Конесев Г.В., Рахматуллина Г.В., Исмаков Р.А., Рахматуллин В.Р., Асфандиаров Л.Х., Нигматуллин И.Р., Пурин В.П. Улучшение антикоррозионных свойств буровых промысловых жидкостей// Казань: Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – 6 с.
12. Яхин А.Р. Улучшение триботехнических свойств буровых промысловых жидкостей применением добавок комплексного действия// Уфа: диссертация. –2015. – С. 44-47.
13. А.В. Макаров, Л.Г. Коршунов. Прочность и износостойкость нанокристаллических структур поверхностей трения сталей с мартенситной основой. Известия ВУЗов. Физика. 2004, №8, с. 65–80.
14. Z.B. Wang, N.R. Tao, S. Li, W. Wang, G. Liu, J. Lu, K. Lu. Effect of surface nanocrystallization on friction and wear properties in low carbon steel. Materials Science and Engineering: A. 2003, V. 352, No. 1–2, p. 144–149.

#### ХАРАКТЕР ВЛИЯНИЯ СЛАБЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С ИНДУКЦИЕЙ 0.6ТЛ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТИТАНА VT1-0

*В.В. Шляров, Д.В. Загуляев, к.т.н., доцент.*

*Сибирский государственный индустриальный университет*

*654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, тел. (3843) 74-23-30*

*E-mail: [shlyarov@mail.ru](mailto:shlyarov@mail.ru)*

**Аннотация:** Экспериментально изучено влияние постоянного магнитного поля (0,6 Тл) на микротвердость технически чистого титана марки VT1-0. Установлены зависимости изменения микротвердости титана от времени обработки магнитным полем. Получены зависимости начального эффекта влияния магнитного поля на титан марки VT1-0 от времени выдержки в магнитном поле.

**Abstract:** The effect of a constant magnetic field (0.6 T) on the microhardness of technically pure titanium of grade VT1-0 is studied experimentally. The dependences of the change in the microhardness of